

## 美浜発電所3号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第22回定期検査)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

### 記

美浜発電所3号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力82.6万kW)は、平成19年4月4日から第22回定期検査を実施しているが、平成19年7月6日に原子炉を起動し、翌7日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、7月9日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、8月上旬には経済産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

#### 1 主要工事等

##### (1) 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検・予防保全工事

(図-1参照)

国内外PWRプラントにおける600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れ事例に鑑み、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材入口管台溶接部について、外観目視点検を実施して、異常のないことを確認した。

また、予防保全として溶接部表面の残留応力を低減させるため、原子炉容器の冷却材出入口管台溶接部および炉内計装筒管台溶接部について、ウォータージェットピーニング\*を施工した。

(\*) 金属表面に高圧ジェット水を吹き付けることにより、金属表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

##### (2) 耐震裕度向上工事

(図-2参照)

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉格納容器内の口径4インチ以下の配管の支持構造物10箇所について、支持部材の追加等を実施した。

## 2 設備の保全対策

### (1) 2次系配管の点検等 (図-3参照)

- ①美浜発電所3号機事故を踏まえ、2次系配管1,134箇所<sup>\*</sup>について、超音波検査(肉厚測定)等を行った結果、計算必要厚さを下回っている箇所、および余寿命評価で次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

(超音波検査1,099箇所<sup>\*</sup>、内面目視点検35箇所)

※ 今定期検査開始時には941箇所について超音波検査(肉厚測定)を実施する計画であったが、日本機械学会の技術規格が制定されたことなどを踏まえ、平成19年3月22日に改正した「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、点検対象箇所および今定期検査での点検箇所を再抽出し、158箇所を追加して、合計1,099箇所の超音波検査を実施した。

- ②今定期検査開始時34箇所の配管取替えを計画していたが、配管取替え作業時の作業性を考慮して2箇所を追加し、合計36箇所の配管を取り替えた。

## 3 定期検査中に発生した安全協定に基づく異常事象

### (1) 蒸気発生器2次側管板上面での異物確認 (図4-1参照)

3台ある蒸気発生器のうち、C-蒸気発生器2次側管板上面の堆積物の状況を小型TVカメラを用いて確認していたところ、円柱状の異物を確認した。異物を回収して詳細調査を行った結果、配管等の加工作業で発生する削り屑と推定された。

異物の混入経路を調査した結果、配管取替後の異物確認作業時に、作業員の衣服等に付着していた削り屑が配管内へ入り込んだ可能性があるとして推定された。

対策として、配管取替え作業時の異物確認の際には作業服の清掃を行うことなどを社内ルールに反映し、異物管理の更なる徹底を図る。

[平成19年4月26日、5月9日、6月14日 記者発表済]

### (2) A蓄圧タンク窒素供給系統からのわずかな窒素漏れ (図4-2参照)

3台ある蓄圧タンクについて、窒素ガスで加圧して漏えい検査を実施していたところ、A蓄圧タンクの窒素供給配管溶接部1箇所、わずかに窒素が漏れていることが確認された。

当該溶接部の断面観察において、溶接不良による隙間が溶接部表面近くまで続いていることが確認された。また、当該配管は運転中は加圧状態であるが、定期検査中は減圧しており、この圧力変動が繰り返されていた。

このことから、溶接不良による隙間が今定期検査の加圧時に開口し、漏えいに至ったものと推定された。

対策として、当該部を新品の配管に取り替えた。また、当該部を除き、各蓄圧タンクにつながる窒素供給配管溶接部（第1弁まで）について浸透探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

[平成19年6月11日、25日 記者発表済]

#### 4 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

3台ある蒸気発生器のうち、A－蒸気発生器の伝熱管全数（3,379本）について、渦流探傷検査を実施した結果、異常は認められなかった。

また、C－蒸気発生器の点検で異物が確認されたことから、BおよびC－蒸気発生器の伝熱管全数（3,382本×2台、計6,764本）についても渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

#### 5 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数157体のうち、25体（うち12体は新燃料集合体）を取り替えた。

燃料集合体の外観検査（44体）を実施した結果、異常は認められなかった。

#### 6 次回定期検査の予定

平成20年 秋頃

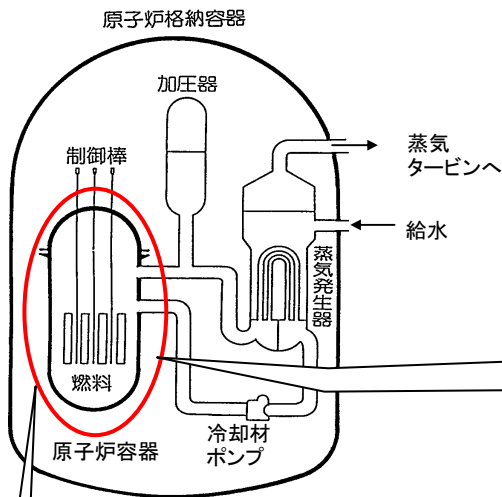
問い合わせ先(担当：藤内) 内線2354・直通0776(20)0314
--

# 図-1 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検・予防保全工事

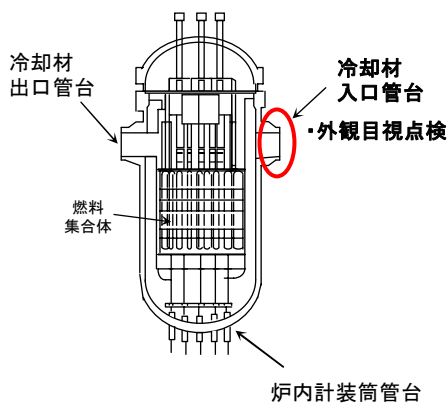
## 点検・予防保全工事概要

国内外PWRプラントにおける600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れ事例に鑑み、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材入口管台溶接部について、外観目視点検を実施して、異常のないことを確認した。  
また、予防保全として溶接部表面の残留応力を低減させるため、原子炉容器の冷却材出入口管台溶接部および炉内計装筒管台溶接部についてウォータージェットピーニングを施工した。

## 概略系統図

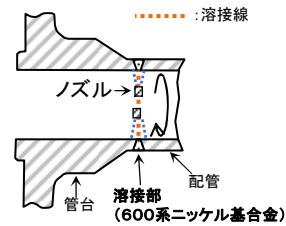


【原子炉容器概略図】

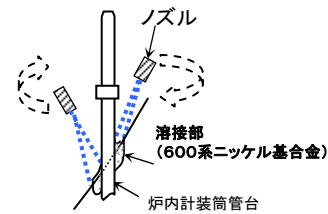


## ウォータージェットピーニング施工箇所

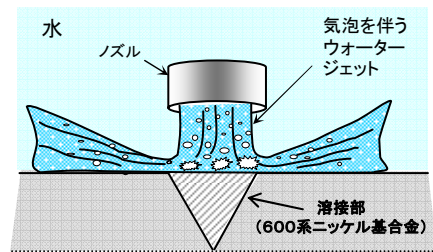
### 【冷却材出入口管台の作業イメージ】



### 【炉内計装筒管台の作業イメージ】



### 【イメージ図】



### 【説明】

水中で高圧ジェット水(約60MPa)をノズルから噴射すると、気泡が発生する。この気泡は、高速のウォータージェット流に乗って流れ、金属表面近傍で崩壊する。その時に生じる衝撃力で金属表面をたたき(ピーニング)、金属表面近傍の残留応力を低減する。

## 【点検・予防保全対象箇所】

点検方法	点検箇所 (管台)	原子炉容器								加圧器				蒸気発生器										
		上部			下部			炉内計装筒		逃げ弁	安全弁	スプレ弁	サージ	入口			出口							
		A	B	C	A	B	C	底部管台	底部母材					A	B	C	A	B	C					
外観目視点検	※1	◎	●	●	●	●	●	●	●		※2		●	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	
超音波探傷検査	※1	●	●	●	●	●	●	●	●		※2		●	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	※1	
ウォータージェットピーニング	※1								◎	◎			●											

- ◎: 今回定期検査で実施
- : 次回以降の定期検査で実施予定
- : 実施済み
- 一: 点検対象外
- =: 超音波探傷検査実施済みのため点検対象外
- ※1: 690系ニッケル基合金のため対象外
- ※2: 600系ニッケル基合金部が一次冷却材と接液しない構造のため対象外

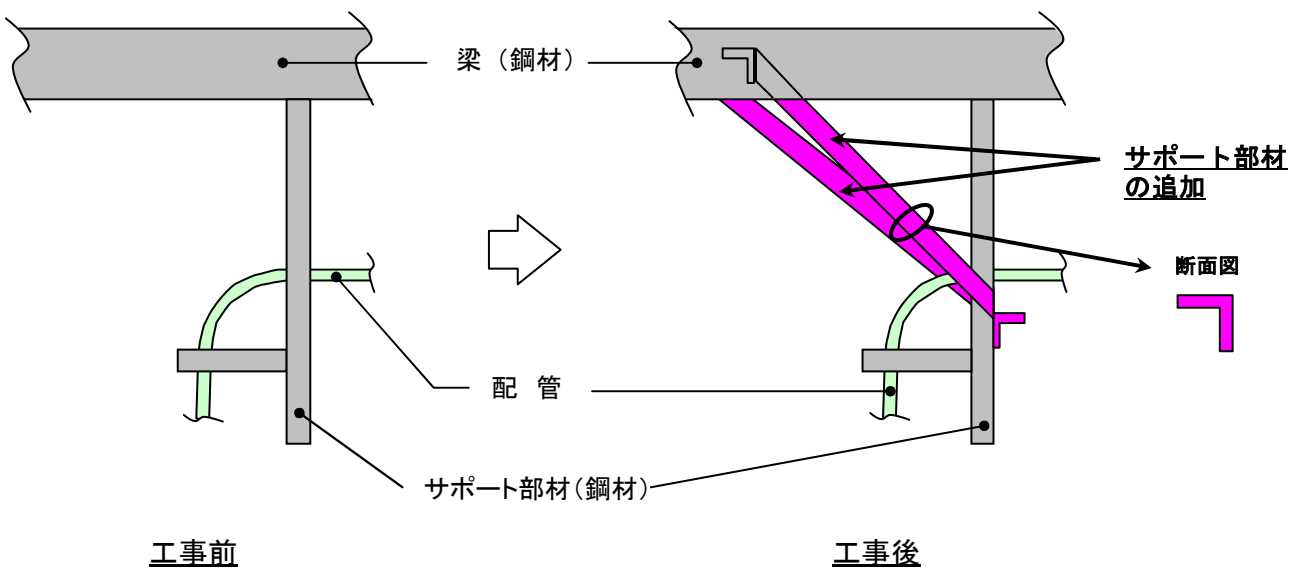
## 図-2 耐震裕度向上工事

### 工事概要

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉格納容器内にある配管の支持構造物10箇所について、支持部材の追加等を実施した。

### 工事の例

【配管支持構造物の補強例1： 原子炉格納容器内E L約17m】



【配管支持構造物の補強例2： 原子炉格納容器内E L約17m】

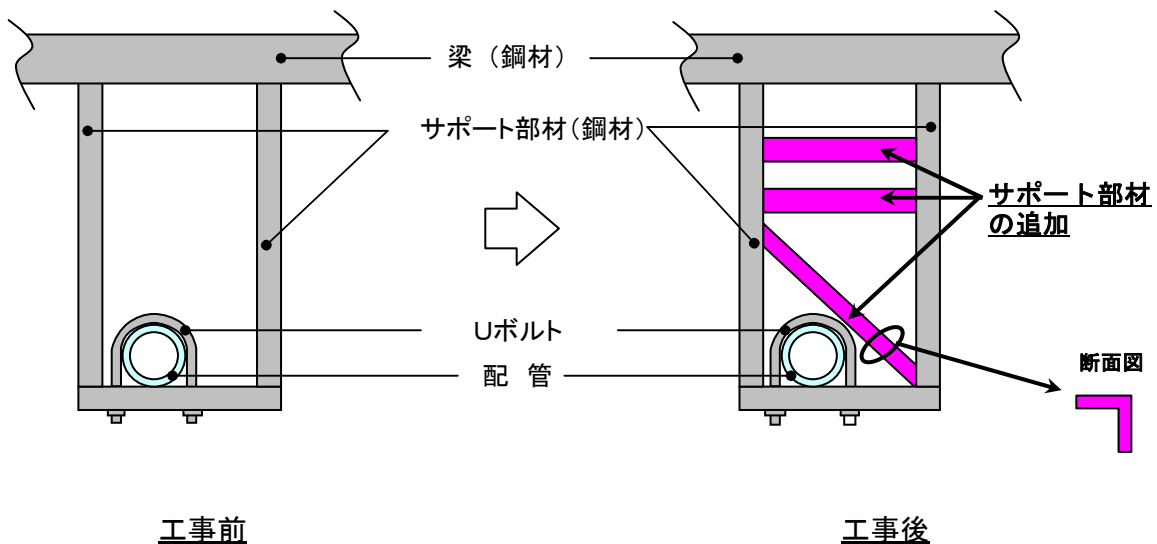


図-3 二次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計1,134箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。  
 <超音波検査(肉厚測定):1,099箇所、内面目視点検:35箇所>

○二次系配管の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)

	「二次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位 [<>内は、定検開始時点]		今回点検実施部位 [<>内は、定検開始時点]	今回点検実施後の 点検未実施部位
	総数	未点検部位		
主要点検部位	1,578<984>	11<0>	567<408>	0
その他部位	1,511<1,829>	113<0>	532<533>	0
合計	3,089<2,813>	124<0>	1,099<941>	0

定検開始時点からの指針改訂に伴う変更内容

	総数	未点検部位 ※	今回点検実施部位
主要点検部位	+594	+11	+159
その他部位	-318	+113	-1
合計	+276	+124	+158

※:日本機械学会が制定した「配管減肉に関する技術規格」などを踏まえて平成19年3月22日に改正した「二次系配管肉厚の管理指針」に基づき、今定期検査中に点検部位を追加したため、未点検部位124箇所が追加となった。

○二次系配管肉厚の管理指針に基づく内面目視点検

高压排気管の直管部35箇所について、配管内面から目視点検を実施した。

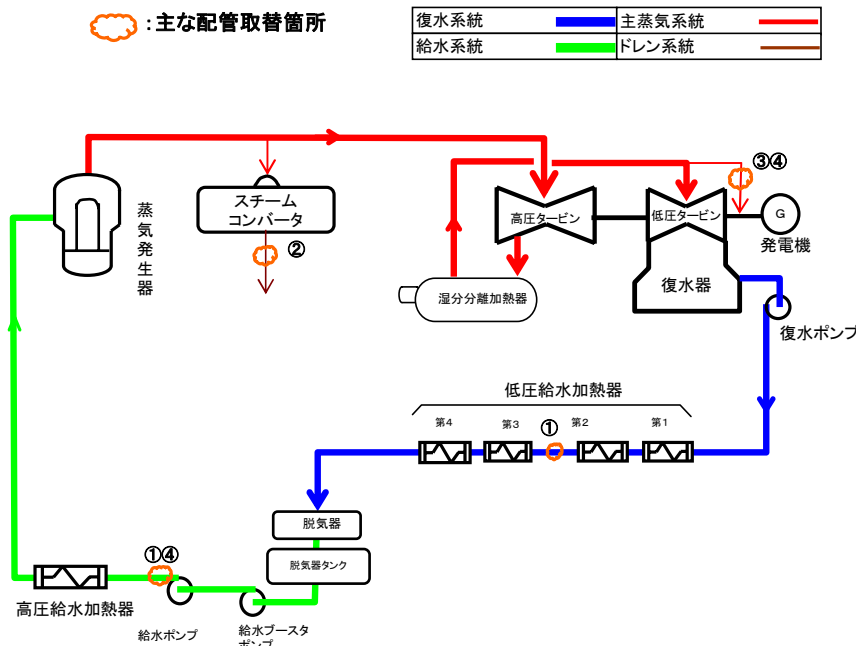
(結果)

計算必要厚さを下回っている箇所、および余寿命評価で次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

取替概要

○今定期検査開始時34箇所の配管取替を計画していたが、配管取替え作業時の作業性を考慮して2箇所を追加し、合計36箇所の配管を取り替えた。

系統別概略図



【取替理由】

① 余寿命10年未満で減肉が確認されたため取り替えた。(5箇所)

炭素鋼 → ステンレス鋼 4箇所  
 炭素鋼 → 低合金鋼 1箇所

② 減肉が確認された部位の類似部位を取り替えた。(11箇所)

炭素鋼 → ステンレス鋼 11箇所

③ 配管の保守性を考慮して取り替えた。(2箇所)

炭素鋼 → ステンレス鋼 2箇所

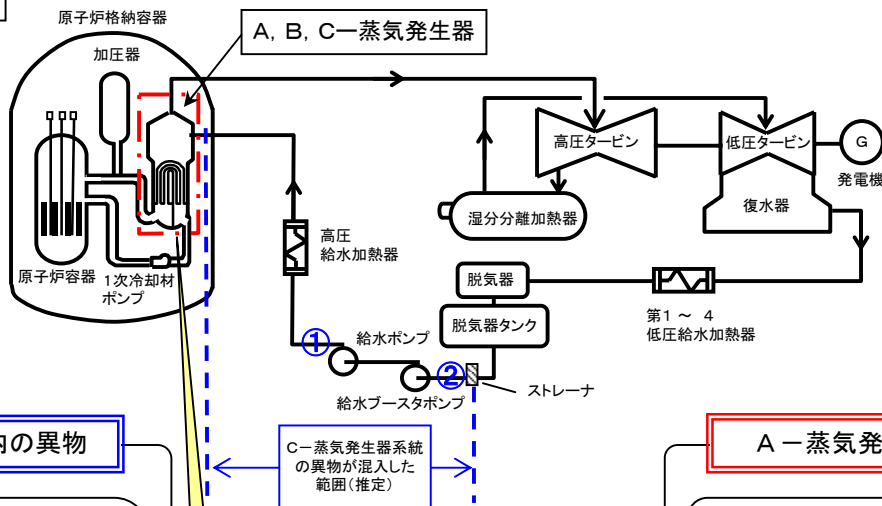
④ 配管取替による作業性を考慮して取り替えた。(18箇所)

炭素鋼 → ステンレス鋼 17箇所  
 炭素鋼 → 低合金鋼 1箇所

(取替箇所数合計36箇所)

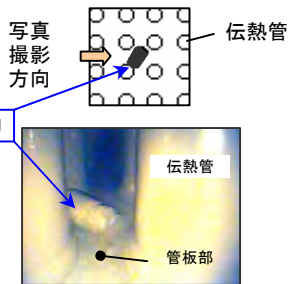
図4-1 蒸気発生器2次側管板上面の異物確認

異物の回収結果

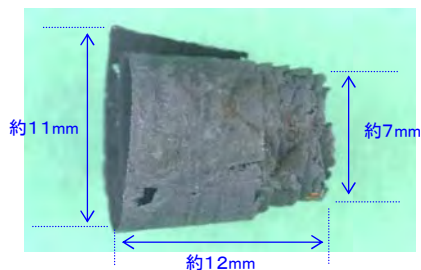


C-蒸気発生器内の異物

(上から見た図)



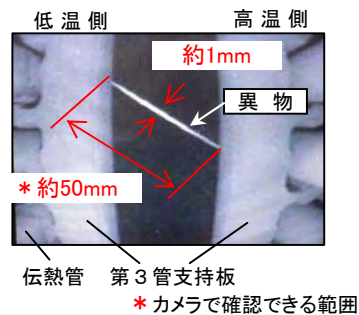
回収異物



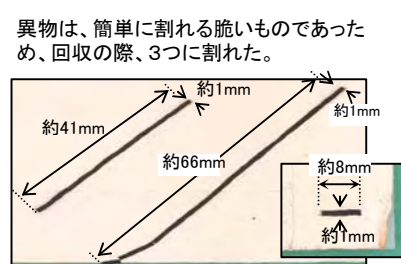
形状: 渦を巻いた形状  
重量: 約0.9グラム  
板厚: 約0.2mm  
材質: 炭素鋼の母材と溶接金属が混在

A-蒸気発生器内の異物

(下から見た写真)



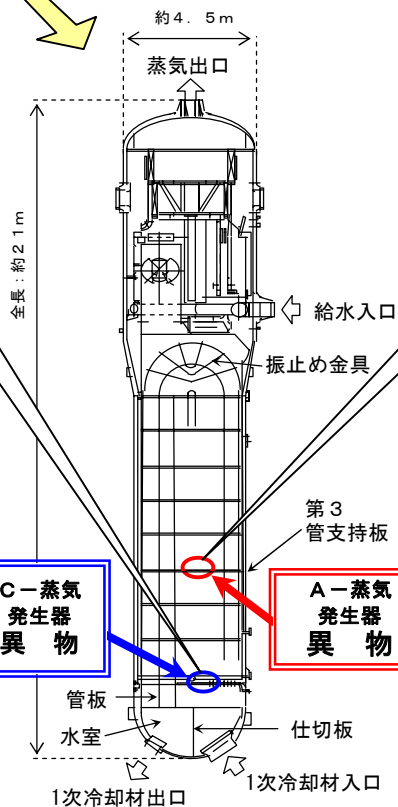
回収異物



形状: 幅の狭い帯状  
表面: 多孔性(スポンジ状)で、一部の面では蒸気発生器伝熱管表面と同様のスジ模様を有していた。  
板厚: 約0.09mm  
材質: マグネタイト[酸化鉄(黒錆の主成分)の一種]

給水系統で発生した酸化鉄が蒸気発生器伝熱管表面に付着し、それが剥がれたものと考えられた。

蒸気発生器概要図



C-蒸気発生器異物

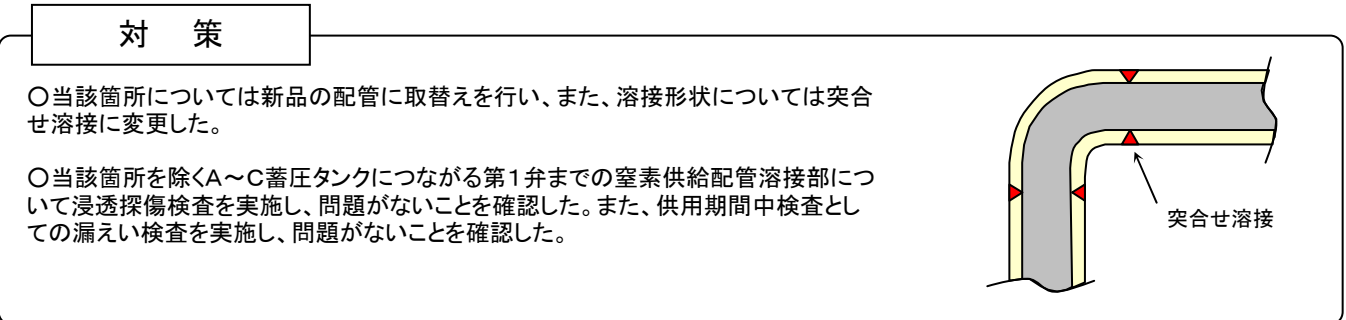
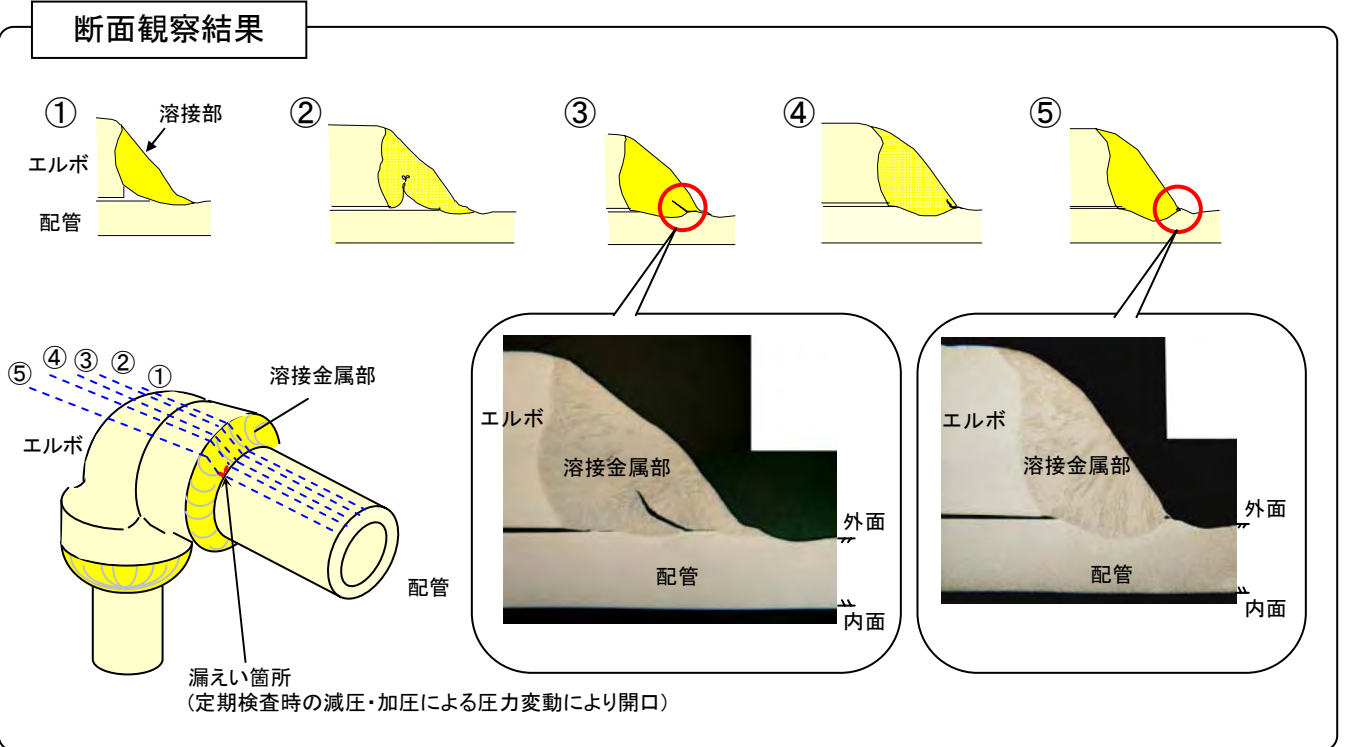
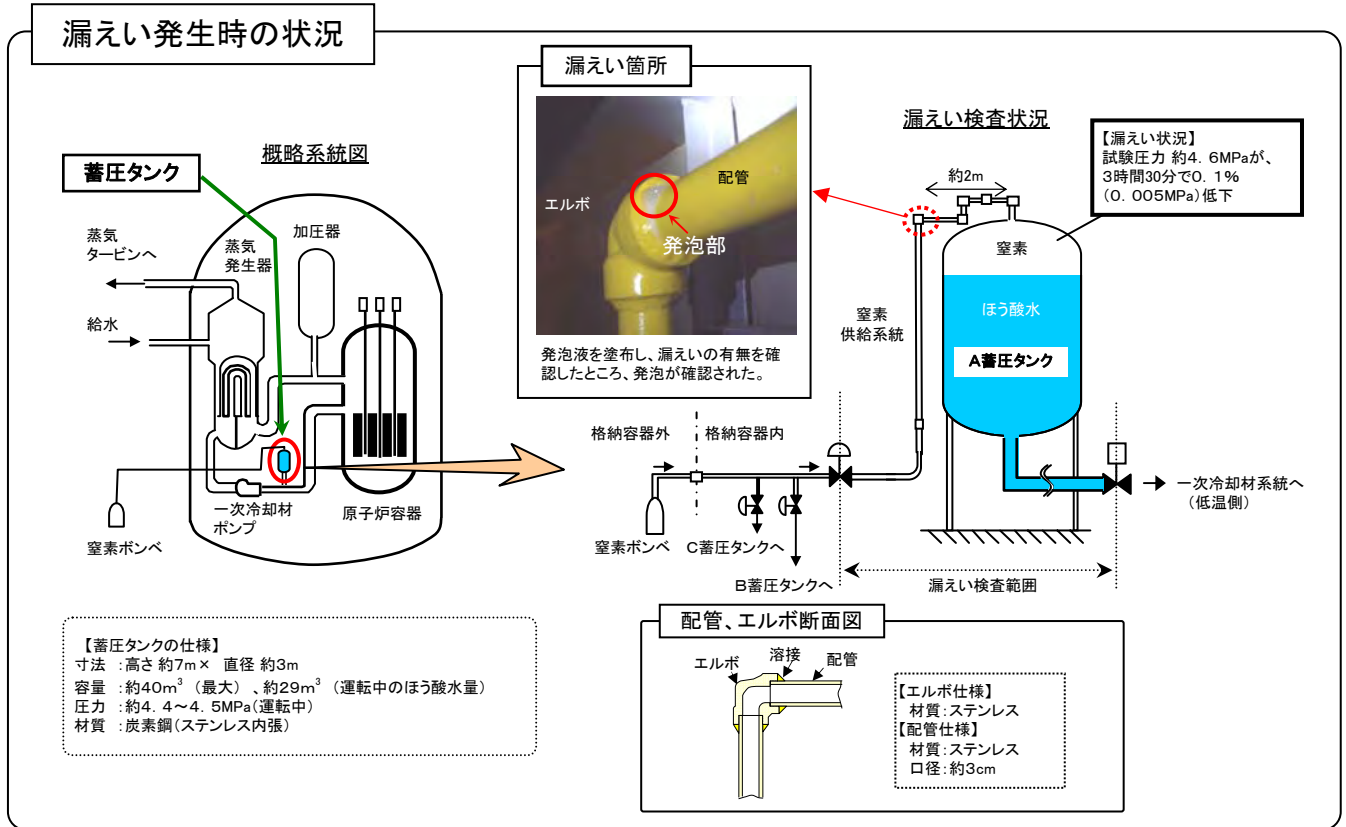
A-蒸気発生器異物

伝熱管本数: 3,382本  
伝熱管外径: 約22.2mm  
伝熱管厚さ: 約1.3mm  
伝熱管材料: インコネルT T 690 (特殊熱処理材)

対策

- 今回の美浜3号機の配管取替工事および定期検査開放機器の復旧にあたって、異物管理に関する協力会社への説明会を実施し、異物管理の再徹底を図った。(平成19年5月25日実施済み)
- 配管取替作業時における異物混入を防止するため、以下の項目を社内ルールへ反映し、異物管理のさらなる徹底を図る。
  - ・異物確認を実施する直前に、異物確認者の作業服や作業靴などの清掃を行う。
  - ・異物確認は1箇所ずつ確実にを行い、確認の直前に異物養生を取り外す。

図4-2 A蓄圧タンク窒素供給系統からの僅かな窒素漏れ

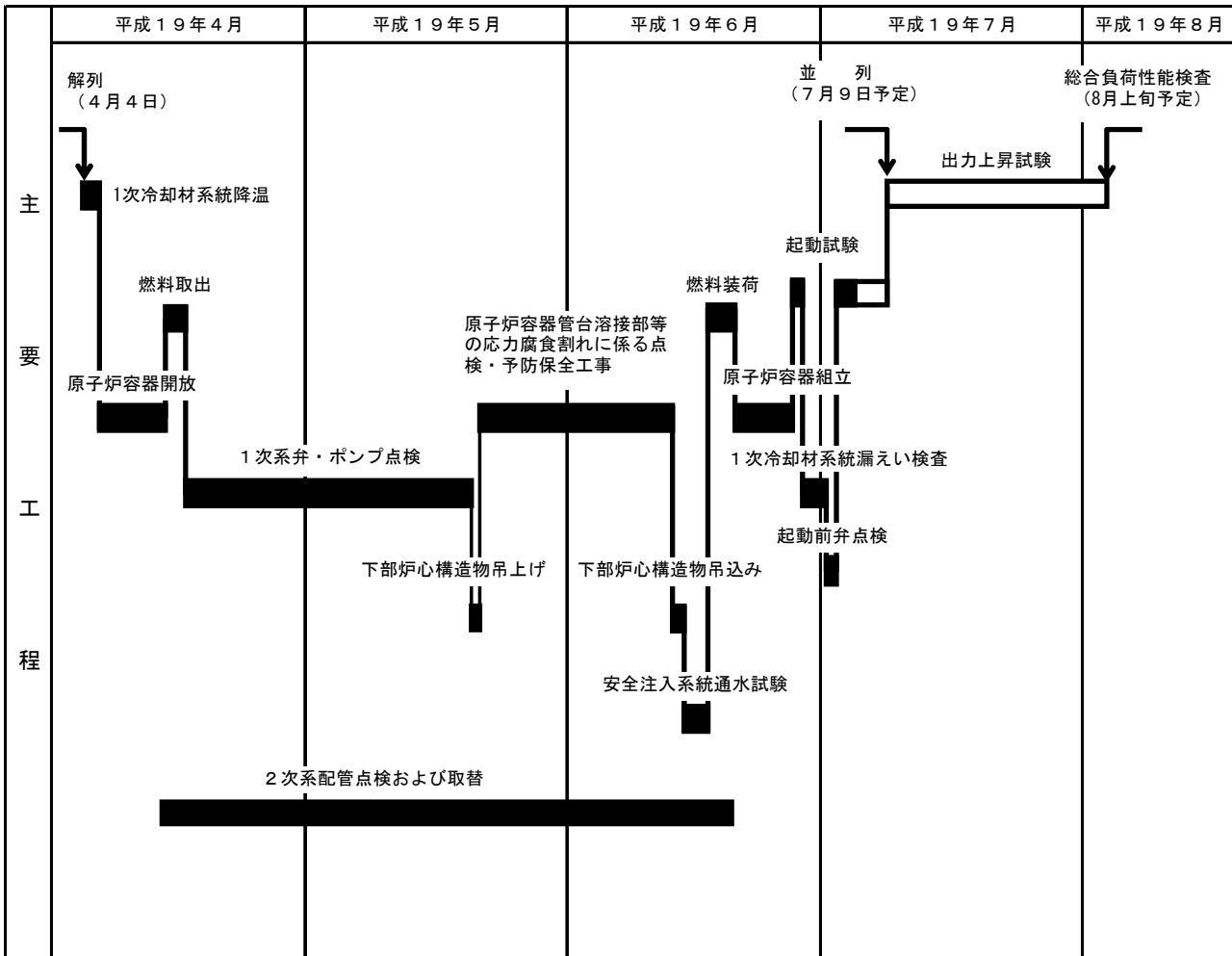




美浜発電所3号機 第22回定期検査の作業工程

平成19年4月4日から約4ヶ月の予定であり、以下の作業工程にて実施しています。

(平成19年7月5日現在)



黒塗りは実績を表します。

(参考) 高経年化対策として実施した主な作業

○高サイクル熱疲労割れに係る検査

通常運転時に高低温の内部流体が合流することによる温度ゆらぎが生じ、かつ応力集中が生じることにより、熱疲労割れが発生する可能性が高い部位の健全性を確認するため、余熱除去クーラバypassライン接続部について、超音波探傷検査により欠陥がないことを確認しました。